

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

27 SEP 2004  
28.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-091406

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-091406 ]

出 願 人

Applicant(s):

エヌティティエレクトロニクス株式会社  
株式会社ニコン

REC'D 23 MAY 2003

WIPO

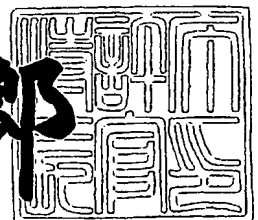
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月 9日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3033346

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 NEL01266

【提出日】 平成14年 3月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/08

【発明の名称】 導波路型光学装置および位置検出方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ  
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 車田 克彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ  
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 玉村 敏昭

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ  
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 金谷 正敏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌティティエ  
レクトロニクス株式会社内

【氏名】 西 成人

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 赤川 圭一

【特許出願人】

【識別番号】 591230295

【氏名又は名称】 エヌティティエレクトロニクス株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100106998

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 傳一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0111942

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 導波路型光学装置および位置検出方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に配置された第 1 の光導波路と、前記基板上に配置され前記第 1 の光導波路と交差する第 2 の光導波路と、前記第 1 の光導波路と前記第 2 の光導波路との交差位置に配置され、前記光導波路の光路を制御するための溝とを有する導波路型光学装置において、

前記溝に挿入可能に配置された挿入板と、

前記挿入板の速度ベクトルと磁界ベクトルとのベクトル積が 0 でない静磁場を与える手段と、

前記速度ベクトルおよび前記磁界ベクトルと互いに直交する方向の配線部分を一部に含む電気配線を有し、前記挿入板を支持するカンチレバーと、

前記電気配線に誘導される電流を検出し、前記挿入板と前記溝との相対位置を検出する手段と

を備えたことを特徴とする導波路型光学装置。

【請求項 2】 前記溝は、前記光導波路の屈折率に整合する屈折率を有する液体が充填されていることを特徴とする請求項 1 に記載の導波路型光学装置。

【請求項 3】 前記挿入板は反射面を有し、前記溝との相対位置により、前記第 1 の光導波路の入力ポートから該第 1 の光導波路の出力ポートに至る光路、ならびに前記第 1 の光導波路の入力ポートから前記第 2 の光導波路の出力ポートに至る光路の一方を選択することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の導波路型光学装置。

【請求項 4】 前記電気配線は、前記挿入板を前記溝に挿入するために、前記カンチレバーを駆動するロレンツ力を与える印加電流を流すことを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の導波路型光学装置。

【請求項 5】 基板上に配置された光導波路の光路を制御するための溝に挿入可能に配置された挿入板と前記溝との相対位置を検出する位置検出方法であって、

前記挿入板の速度ベクトルと磁界ベクトルとのベクトル積が 0 でない静磁場を

与え、

前記速度ベクトルおよび前記磁界ベクトルと互いに直交する方向の配線部分を一部に含む電気配線を有し、前記挿入板を支持するカンチレバーに、所定の時間だけパルス状の駆動力を加え、

前記電気配線に誘導される電流を検出し、

前記挿入板と前記溝との相対位置を検出することを特徴とする位置検出方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、導波路型光学装置および位置検出方法に関し、より詳細には、基板上に配置された光導波路の光路を制御するための溝に挿入可能に配置された挿入板を有する導波路型光学装置および挿入板と溝との相対位置を検出する位置検出方法に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、光通信システムにおいて、光路を変換して光信号のスイッチングを行う光スイッチが用いられている。特に、複数の入力と複数出力との間で、光路の切替を行うためのマトリクス型光スイッチの需要が高い。代表的なマトリクス型光スイッチとして、光路間に設けられた溝に、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術で構築された微小ミラーを出し入れすることにより、光路を切り替える光スイッチが知られている。

##### 【0003】

図6に、従来のマトリクス型光スイッチの構成を示す。マトリクス型光スイッチは、入力数を $m$ 、出力数を $n$ とすると、互いに平行な $m$ 本の光導波路と互いに平行な $n$ 本の光導波路とを交差させ、それぞれの交差位置に溝を形成し、交差する光導波路のコア部分を切削している。図6(a)は、溝部分を拡大して示した上面図である。コア層とクラッド層とからなる2つの光導波路51, 52の交点に溝53が設けられている。

##### 【0004】

図6(b)は、A-A'の断面図である。基板55上に光導波路を構成する下部クラッド層56と、コア層57とを順次堆積し、フォトリソグラフィで光導波路51、52を形成する。下部クラッド層56とコア層57とを上部クラッド層58で覆い、光導波路が完成する。溝53は、コア層57と下部クラッド層56の一部とを削除して設けられている。

#### 【0005】

溝53の上部には、先端部に挿入板54が取り付けられたカンチレバー59が設置されている。挿入板54は、溝53の深さ方向、すなわち光導波路の垂直方向に移動可能なように構成されている。挿入板54がコア層57を遮らない場合には、光導波路51、52の各々は透過状態になり、挿入板54がコア層57を遮断する場合には、光導波路51、52の各々は遮断状態となる。挿入板54が反射面を有することにより、遮断状態においては、光導波路51aから入射した光を光導波路52aに、または光導波路51bから入射した光を光導波路52bに結合することができる。このようにして、 $m \times n$ のマトリクス型光スイッチを構成することができる。

#### 【0006】

挿入板54と溝53との相対位置関係の制御は、カンチレバー59の駆動によって行われている。典型的な駆動原理としては、バイメタルを用いた温度制御による。例えば、カンチレバー59に抵抗発熱源となる電気配線を付し、印加電流を変えることで温度制御を行い、バイメタルによる駆動力とカンチレバーに固定されたパネの反発力との釣り合いから位置合わせを行う。また、カンチレバーの自由先端部分を静電気の引力によって固定基板側に引き寄せる方法が、M. Katayama et al "Micromachined 2x2 Optical Switch Array by Stress-Induced Bending", Technical Digest Forth International Topical Meeting on Contemporary Photonic Technologies (CTP 2001), p.27-28, Mc-4, Jan. 15-17, 2001に記載されている。さらに、挿入板に付した電気配線に印加する電流を制御することにより、カンチレバーに加わるロレンツ力を制御して位置決めを行うことも知られている。

#### 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来の駆動原理においては、カンチレバーのバネの反発力を制御するためにバイメタルを加熱する印加電流、反発力に対抗して与える静電気量を定める印加電圧、または反発力に対抗して与えるロレンツ力を定める印加電流のいずれかを制御する。しかしながら、挿入板と溝との相対位置関係を検出し、挿入板の静止位置を決めるための情報を得ることができないという問題があった。

## 【0008】

従って、カンチレバーのバイメタルとしての機械的特性の変化、挿入板とカンチレバーとの接続支持部分の変形などによって生ずる挿入板と溝との相対位置の経時変化を検出することができず、カンチレバーの折損などによる故障の検出もできないという問題もあった。

## 【0009】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、挿入板と溝との相対位置検出、挿入板の運動異常検出、静止位置不良検出などのモニタリングを行うことができる導波路光学装置および位置検出方法を提供することにある。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、基板上に配置された第1の光導波路と、前記基板上に配置され前記第1の光導波路と交差する第2の光導波路と、前記第1の光導波路と前記第2の光導波路との交差位置に配置され、前記光導波路の光路を制御するための溝とを有する導波路型光学装置において、前記溝に挿入可能に配置された挿入板と、前記挿入板の速度ベクトルと磁界ベクトルとのベクトル積が0でない静磁場を与える手段と、前記速度ベクトルおよび前記磁界ベクトルと互いに直交する方向の配線部分を一部に含む電気配線を有し、前記挿入板を支持するカンチレバーと、前記電気配線に誘導される電流を検出し、前記挿入板と前記溝との相対位置を検出する手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0011】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の前記溝は、前記光導波路の屈折率に整合する屈折率を有する液体が充填されていることを特徴とする。

【0012】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 に記載の前記挿入板は反射面を有し、前記溝との相対位置により、前記第 1 の光導波路の入力ポートから該第 1 の光導波路の出力ポートに至る光路、ならびに前記第 1 の光導波路の入力ポートから前記第 2 の光導波路の出力ポートに至る光路の一方を選択することを特徴とする。

【0013】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1、2 または 3 に記載の前記電気配線は、前記挿入板を前記溝に挿入するために、前記カンチレバーを駆動するロレンツ力を与える印加電流を流すことを特徴とする。

【0014】

請求項 5 に記載の発明は、基板上に配置された光導波路の光路を制御するための溝に挿入可能に配置された挿入板と前記溝との相対位置を検出する位置検出方法であって、前記挿入板の速度ベクトルと磁界ベクトルとのベクトル積が 0 でない静磁場を与え、前記速度ベクトルおよび前記磁界ベクトルと互いに直交する方向の配線部分を一部に含む電気配線を有し、前記挿入板を支持するカンチレバーに、所定の時間だけパルス状の駆動力を加え、前記電気配線に誘導される電流を検出し、前記挿入板と前記溝との相対位置を検出することを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0016】

図 1 は、本発明の一実施形態にかかる光スイッチの構成を示す図である。基板 15 上に光導波路を構成する下部クラッド層 16 と、コア層 17 とを順次堆積し、フォトリソグラフィで光導波路を形成する。下部クラッド層 16 とコア層 17 とを上部クラッド層 18 で覆い、光導波路が完成する。溝 13 は、コア層 17 と下部クラッド層 16 の一部とを削除して設けられている。溝 13 の上部には、先



端部に挿入板 14 が取り付けられたカンチレバー 19 が設置されている。挿入板 14 は、溝 13 の深さ方向（矢印 A）、すなわち光導波路の垂直方向に移動可能なように構成されている。

## 【0017】

また、溝 13 には、光導波路の屈折率に整合する屈折率を有するマッチングオイルが充填され、挿入板 14 が運動する空間には、静磁場が矢印 B の方向に印加されている。静磁場を与える手段としては、基板 15 の裏面に近接して、例えば、Nd-Fe-B系の組成を有する磁石を設置する。基板 15 は 1 mm以下の Si 基板であり、非磁性材料であるから、挿入板 14 が運動する空間に近接磁場を形成することができる。

## 【0018】

図 2 に、本発明の一実施形態にかかる挿入板の駆動機構を示す。図 2（a）は上面図であり、図 2（b）は下面図である。カンチレバー 19 には挿入板 14 が取り付けられている。挿入板 14 は、図 1 に示した矢印 A の方向に取り付けられていればよく、図 3 に示すように、挿入板 14 の方向は問わない。カンチレバー 19 の下面には、電気配線 20 が付され、駆動機構の外部に設けられた電流計 21 に接続されている。

## 【0019】

電気配線 20 は、図 1 に示した静磁場の方向 B と垂直の方向に、一定の長さの配線部分 20 a を有している。静磁場は、磁界ベクトル B と挿入板 14 の速度ベクトル  $v$  とのベクトル積  $B \times v$  が 0 でない系となるように印加される。従って、配線部分 20 a は、速度ベクトルおよび磁界ベクトルと互いに直交するので、挿入板 14 が、図 1 に示した矢印 A の方向に移動すると、電気配線 20 に誘導電流が流れ、電流計 21 で検出することができる。一定時間  $\Delta t$  の間だけ一定の駆動力  $\Delta f$  をカンチレバー 19 に加えた時の、挿入板 14 の変位  $\Delta x$  は、電流計 21 で検出された電流値に対応する。

## 【0020】

なお、配線部分 20 a は、速度ベクトルおよび磁界ベクトルと互いに直交するような直線部分としたが、配線部分 20 a は、斜めであってもよいし、曲線であ

ってもよい。すなわち、速度ベクトルおよび磁界ベクトルと互いに直交する成分を、一部に含む配線部分であればよい。また、ロレンツ力を駆動力としてカンチレバー 19 に加える装置の場合に、本実施形態にかかる電気配線 20 を、駆動系の配線として使用し、駆動とモニタリングとを時間軸上で使い分けることもできる。

#### 【0021】

バイメタルによる力、静電気力、またはロレンツ力を駆動力としてカンチレバー 19 に加えた場合、挿入板 14 に生ずる速度  $v$  は、2つの要因によって決まる。第1に、カンチレバー 19 のバネ定数にもとづく反発力、カンチレバー 19 とともに運動するカンチレバー 19 上の電気配線 20 および電極とカンチレバー 19 外に固定された電極との間の電圧印加によって生じる静電気力、カンチレバー 19 上の電気配線 20 に加える電流と静磁場とによって生じるロレンツ力など、カンチレバーを駆動する様々な方法による駆動力またはそれらを組み合わせた駆動力である。

#### 【0022】

第2に挿入板 14 が溝 13 に充填されたマッチングオイルから受ける粘性抵抗力である。粘性抵抗が大きいほど、挿入板 14 に生ずる速度  $v$  は小さくなり、電流計 21 で検出される電流値も小さい。粘性抵抗は、挿入板 14 が溝 13 に収まった状態の時に最大となる。

#### 【0023】

粘性抵抗により、等速運動で挿入板 14 が移動するとき、挿入板 14 表面と溝 13 の導波路端面との間隙を  $G$ 、マッチングオイルの粘性係数を  $\mu$ 、一定時間  $\Delta t$  の間だけ駆動力が加わった時の挿入板 14 の速度を  $v$ 、挿入板 14 の変位を  $\Delta y$ 、粘性減衰係数を  $C$ 、挿入板 14 の面積を  $A$  とする。このとき、挿入板 14 が駆動力によって運動する間に受ける粘性抵抗  $F$  とすると、

$$\Delta f = F = C \cdot v = C \cdot \Delta y / \Delta t \quad (1)$$

ここで、

$$C = 2 \mu A / G$$

となる。

## 【0024】

挿入板14が接するマッティングオイル層の厚さが薄くなると、すなわち間隙Gが小さくなると、粘性抵抗Fは強くなる。挿入板14と溝13との相対位置関係も粘性抵抗Fに影響する。挿入板14が溝13から完全に離れた透過状態では、間隙Gが大きくなり、並行平板に生ずる粘性抵抗成分は、無視できる程度に小さくなる。この場合は、挿入板14とカンチレバー19の形状に依存する成分となる。この成分は、球体に対する粘性抵抗（ストークス則）に基づいた値となつて、挿入板14が溝13内部にある時の粘性抵抗と比較して小さな値となる。

## 【0025】

一定時間 $\Delta t$ の間だけ一定の駆動力 $\Delta f$ をカンチレバー19に加えたとき、式(1)の左辺は一定であるから、間隙Gが小さいほど挿入板14の速度 $v$ が小さく、すなわち変位 $\Delta x$ も小さいことがわかる。挿入板14とカンチレバー19が動くと配線部分20aが静磁場を横切るので、フレミングの法則により、挿入板14の速度 $v$ に比例した誘導電流が、電気配線20に流れる。従って、電流計21で検出する誘導電流は、間隙Gの大小と対応した値となる。

## 【0026】

上述した原理に基づいて、カンチレバー19に対して、わずかな時間だけパルス状の駆動力を加え、その際、誘起される電流を検出することにより、挿入板14と溝13との相対位置関係を検出することができる。

## 【0027】

図4に、本発明の一実施形態にかかる駆動機構のシミュレーション結果を示す。横軸は、カンチレバー19のバネの弾性力を開放した瞬間から経過した時間を示し、縦軸は、挿入板14の移動距離を示す。カンチレバー19は、 $\text{SiNx}/\text{Al}$ の層構成で、厚さはそれぞれ $0.25\mu\text{m}/0.25\mu\text{m}$ 、幅 $100\mu\text{m}$ 、長さ $600\mu\text{m}$ である。マッティングオイルの動粘性率は $1\text{cmStokes}$ である。

## 【0028】

図4は、カンチレバー19の自由端を $100\mu\text{m}$ の距離まで引き上げ、バネ弾性による戻りの運動過程を示している。時間軸上0～1ミリ秒までの初期過程を見ると、間隙Gが $5\mu\text{m}$ と $1\mu\text{m}$ の場合で、運動速度が5倍以上異なることがわ

かる。換言すれば、電流計 2 1 で検出した誘導電流が、5 倍以上異なることがわかる。

#### 【0 0 2 9】

図 5 は、挿入板と溝との相対位置と、粘性抵抗および誘導電流と関係を示す図である。式 (1) によれば、挿入板 1 4 が溝 1 3 の内壁の影響を受けた粘性抵抗は、挿入板 1 4 と溝 1 3 との位置関係により、3 つの領域に分かれる。領域 I は、挿入板 1 4 が溝 1 3 内部に完全に埋没した状態であり、挿入板 1 4 が受ける粘性抵抗は一定となる。領域 II は、挿入板 1 4 の上方の一部が溝 1 3 から外に出た状態であり、粘性抵抗は挿入板 1 4 と溝 1 3 との相対位置に反比例する。領域 III は、挿入板 1 4 が溝 1 3 から離れた状態であり、粘性抵抗は一定となる。

#### 【0 0 3 0】

カンチレバー 1 9 に対して、わずかな時間だけパルス状の駆動力を加えると、挿入板 1 4 に生ずる運動速度の違いが、誘起される電流の違いとなって検出される。このようなパルス状の駆動力は、印加時間を短くすることにより、挿入板 1 4 の動作状態に擾乱を与えない程度の微弱なものとする必要がある。従って、電流計 2 1 の感度を向上し、電気配線 2 0 を含むインピーダンスを低減する必要がある。このようにして、挿入板 1 4 の動作状態に擾乱を与えずにモニタリングすることができる。

#### 【0 0 3 1】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、挿入板の速度ベクトルと磁界ベクトルとのベクトル積が 0 でない静磁場を与える手段と、速度ベクトルおよび磁界ベクトルと互いに直交する方向の配線部分を一部に含む電気配線を有し、挿入板を支持するカンチレバーと、電気配線に誘導される電流を検出し、挿入板と溝との相対位置を検出する手段とを備えたので、挿入板と溝との相対位置検出、挿入板の運動異常検出、静止位置不良検出などのモニタリングを行うことが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の一実施形態にかかる光スイッチの構成を示す図である。

【図 2】

本発明の一実施形態にかかる挿入板の駆動機構を示す図である。

【図 3】

本発明の一実施形態にかかる挿入板の駆動機構を示す下面図である。

【図 4】

本発明の一実施形態にかかる駆動機構のシミュレーション結果を示す図である。

【図 5】

挿入板と溝との相対位置と、粘性抵抗 force および誘導電流と関係を示す図である。

【図 6】

従来のマトリクス型光スイッチの構成を示す図である。

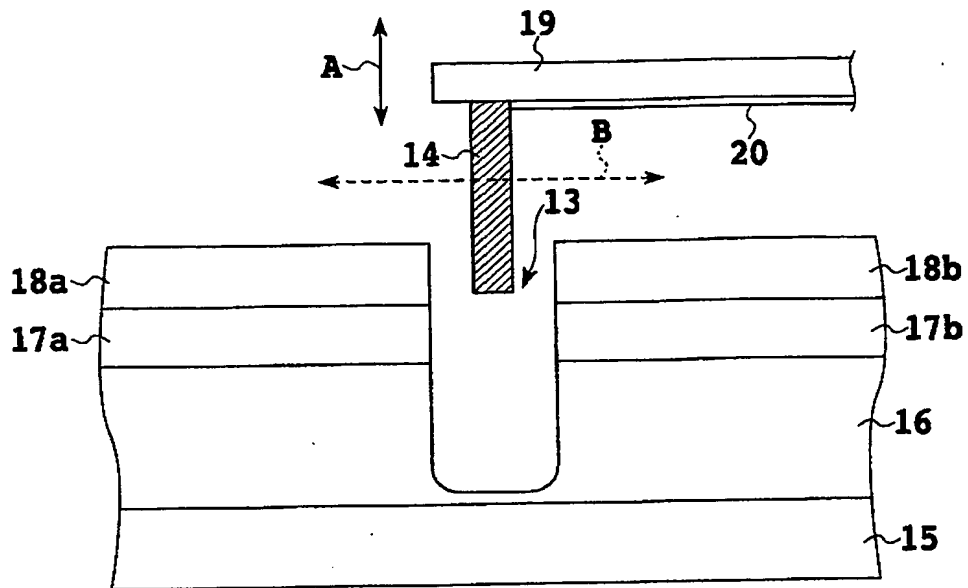
【符号の説明】

5 1, 5 2	光導波路
1 3, 5 3	溝
1 4, 5 4	挿入板
1 5, 5 5	基板
1 6, 5 6	下部クラッド層
1 7, 5 7	コア層
1 8, 5 8	上部クラッド層
1 9, 5 9	カンチレバー
2 0	電気配線
2 1	電流計

【書類名】

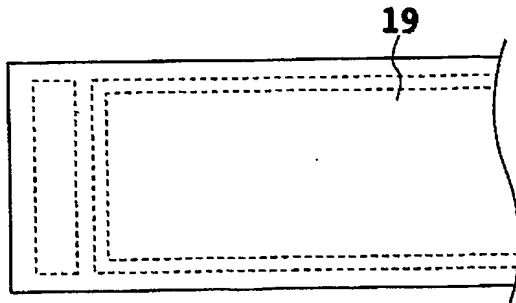
図面

【図 1】

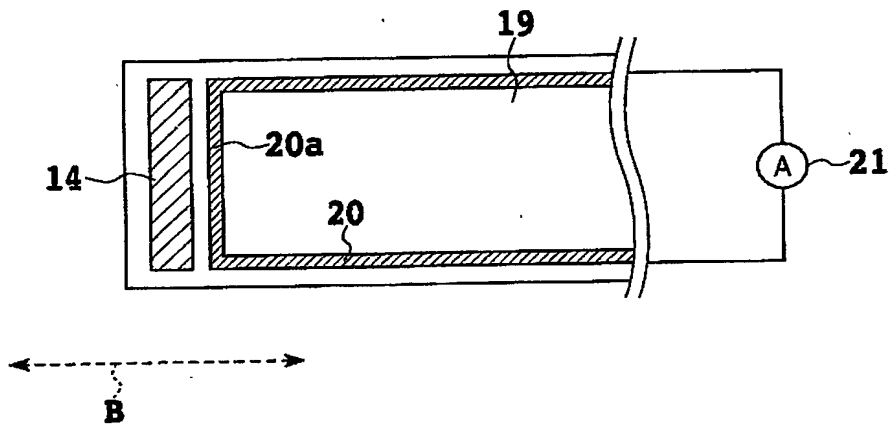


【図2】

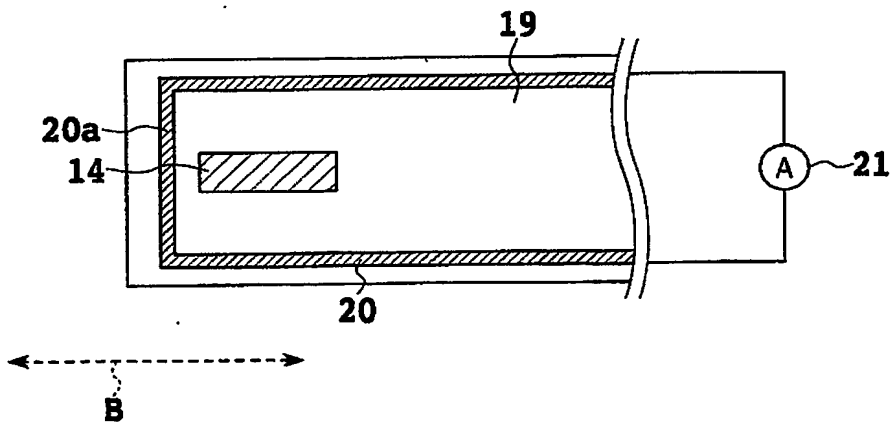
(a)



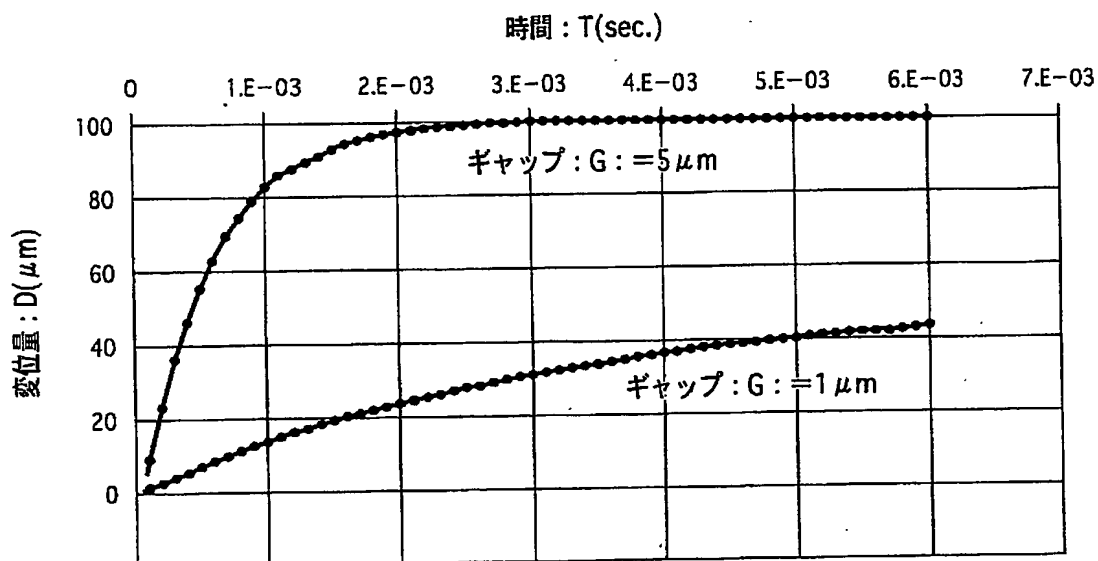
(b)



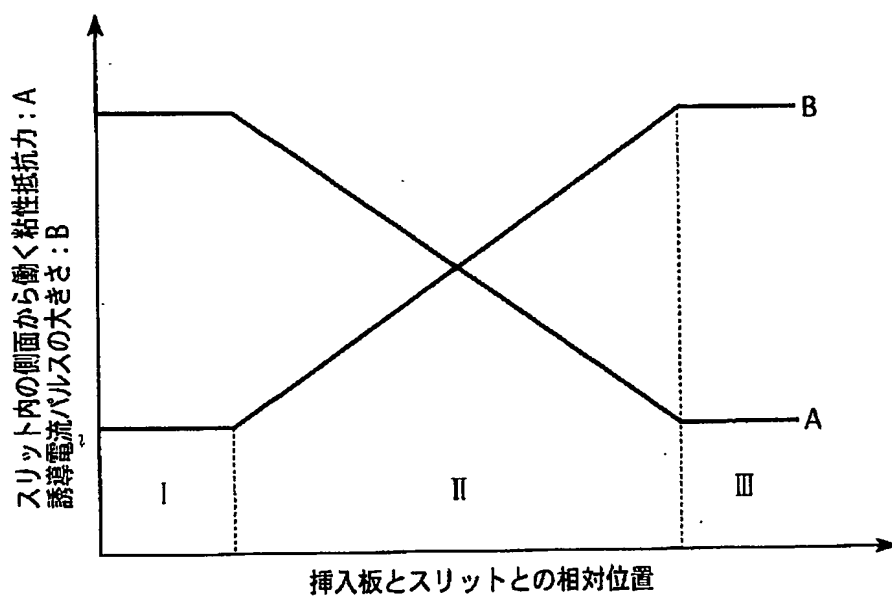
【図3】



【図 4】



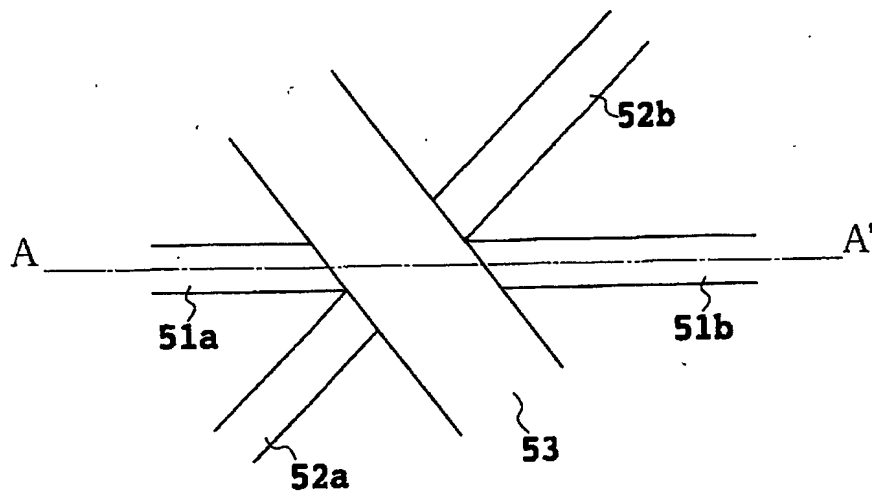
【図 5】



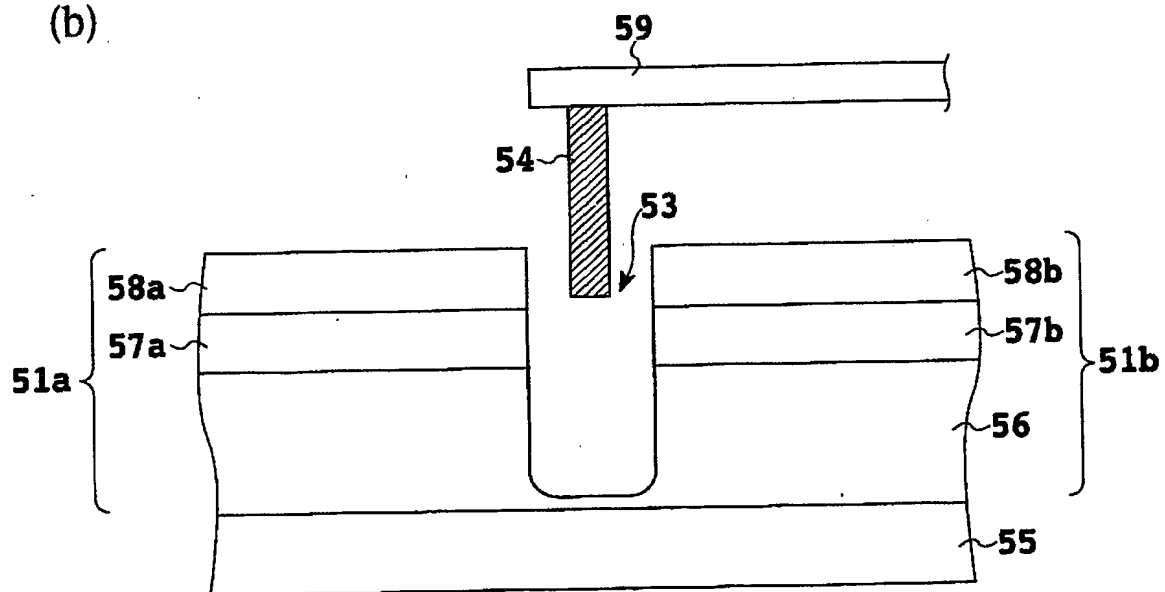


【図6】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 挿入板と溝との相対位置検出、挿入板の運動異常検出、静止位置不良検出などのモニタリングを行う。

【解決手段】 第1の光導波路と第2の光導波路との交差位置に配置され、光導波路の光路を制御するための溝13を有する導波路型光学装置において、溝13に挿入可能に配置された挿入板14と、挿入板14の速度ベクトル(A)と磁界ベクトル(B)とのベクトル積が0でない静磁場を与える手段と、速度ベクトルおよび磁界ベクトルと互いに直交する方向の配線部分20aを一部に含む電気配線20を有し、挿入板14を支持するカンチレバー19と、電気配線20に誘導される電流を検出し、挿入板14と溝13との相対位置を検出する手段とを備えた。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591230295]

1. 変更年月日 2000年 3月16日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号  
氏 名 エヌティティエレクトロニクス株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**